

Aus dem Laboratorium für Hirnstromuntersuchungen
Leiter: Professor Dr. med. Wolfgang Götze der
Neurochirurgisch-Neurologischen Klinik der Freien Universität Berlin
im Städtischen Krankenhaus Westend
Direktor: Professor Dr. med. Arist Stender

ZUR ULTRASCHALLDIAGNOSTIK DES HYDROCEPHALUS
IN DER NEUROCHIRURGIE

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

an der

Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

1967

vorgelegt von

Rainer J. Müller-Hess

aus Herford

Aus dem Laboratorium für Hirnstromuntersuchungen
Leiter: Prof.Dr.med. Wolfgang G ö t z e der
Neurochirurgisch-Neurologischen Klinik der Freien Universität
Berlin im Städt. Krankenhaus Westend
Direktor: Prof.Dr.med. Arist S t e n d e r

Zur Ultraschalldiagnostik des Hydrocephalus
in der Neurochirurgie

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der medizinischen Doktorwürde

an der

Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von

Rainer J. Müller-Hess

aus Herford

Dekan: Professor Dr. med. Hans Wolfgang Spier
Referent: Professor Dr. med. Wolfgang G ö t z e
Korreferent: Professor Dr. med. Helmut Selbach

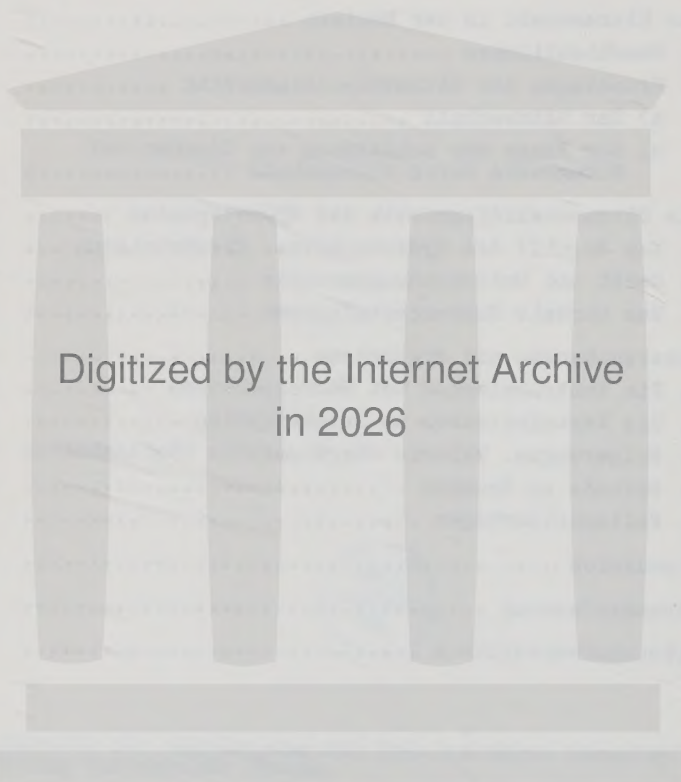


Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Freien Universität Berlin.

Promoviert am: 17. November 1967

Inhaltsübersicht

A. Der Ultraschall in der Medizin	5
1. Geschichtliches	5
2. Grundlagen der Ultraschalldiagnostik	8
a) Der Ultraschall	8
b) Zur Frage der Schädigung von Knochen und Hirngewebe durch Ultraschall	12
B. Die Ultraschalldiagnostik des Hydrocephalus	14
1. Zum Begriff des Hydrocephalus. Fragestellung ...	14
2. Gerät und Untersuchungsmethode	15
3. Das normale Echoencephalogramm	19
C. Untersuchungen und Ergebnisse	20
1. Die Ventrikelechos bei Normalpersonen	20
2. Die Ventrikelechos am Leichengehirn	23
3. Folgerungen. Weitere diagnostische Möglichkeiten	24
4. Befunde an Kranken	25
5. Fallschilderungen	27
D. Diskussion	32
E. Zusammenfassung	37
F. Literaturverzeichnis	44



Digitized by the Internet Archive
in 2026

A. Der Ultraschall in der Medizin

1. Geschichtliches

Als René LAENNEC im Jahre 1819 das Stethoskop erfand, war dies wohl das erste akustische Hilfsmittel, das in der medizinischen Diagnostik Verwendung fand. Eine weitere herkömmliche Untersuchungsmethode, bei der man sich der Ausbreitung von Schallwellen bedient, ist die Perkussionstechnik. Die erste Methode beruht auf der Schallübertragung, die zweite auf der Schallreflexion. In beiden Fällen benutzen wir hörbaren Schall.

Der Nachweis von Ultraschallwellen wurde 1880 von GALTON erbracht. Bei der Echolotung fanden sie erste praktische Anwendung im 1. Weltkrieg zur Ortung von Unterseebooten. Im Fischereiwesen benutzt man das Echolot zur Feststellung der Meeres-tiefe, zum Nachweis von Fischschwärmen und Eisbergen. Eine besonders wichtige Rolle spielt der Ultraschall bei der Prüfung von Industrieerzeugnissen, seitdem SOKOLOFF 1929 entdeckte, dass man mit Ultraschallstrahlen Gussfehler in Stahlblöcken finden kann.

Seit etwa 30 Jahren hat der Ultraschall Eingang in die medizinische Diagnostik gefunden. Hierbei lassen sich wiederum zwei Anwendungsarten unterscheiden: Die Durchschallungsmethode entspricht im Prinzip dem direkten Hören mit dem Stethoskop, d.h. sie beruht auf Schallübertragung. Das Echoimpulsverfahren beruht wie die Perkussion auf Schallreflexion.

Bei den ersten medizinischen Untersuchungen mit Ultraschall wurde das Durchschallungsverfahren angewandt. Die Brüder DUSSIK in Österreich arbeiteten seit 1937 damit und veröffentlichten 1942, 1947 und 1952 ihre Ergebnisse mit dieser Methode

die sie "Hyperphonographie" nannten. Davon ausgehend, dass die Dämpfung der Ultraschallstrahlen in Ventrikelflüssigkeit und in Hirngewebe, abhängig von deren Elastizität und Viskosität, verschiedengradig sei (und zwar in letzterem grösser), tasteten sie mit einem dünnen, kontinuierlichen Ultraschallstrahl von 1,2 - 1,5 MHz den seitlichen Schädel ab. Sie erhielten ein Bild des Ventrikelsystems, das sich als ein dunklerer Schatten gegenüber dem umgebenden Gewebe abzeichnete. Tumoren diagnostizierten sie durch die von diesen hervorgerufene Deformation der normalen Ventrikलगrenzen und durch den Unterschied ihrer Dämpfung gegenüber der Umgebung.

BALLANTINE, BOLT, HUETER u. LUDWIG (1950)³ vervollkommeten DUSSIK's Methode. Sie durchschallten den Schädel in a-p-Richtung und nannten das Bild, das sie auf diese Weise vom Ventrikelsystem erhielten, "Ultrasonogramm". Sie untersuchten sehr genau die die Dämpfung bestimmenden Faktoren: Dichte, Homogenität, Elastizität und Viskosität. Sie stellten fest, dass der Ultraschall bei 2,5 MHz im Knochen um 50 dB/cm, im Hirngewebe um 2-4 dB/cm, dagegen im Liquor nur um 0,01 dB/cm gedämpft wird. Hauptsächlich durch bessere Ableitungs- und Registrierungsmöglichkeiten erreichten sie genauer erscheinende Ergebnisse als die Brüder DUSSIK.

1952 veröffentlichten GÜTTNER, FIEDLER und PÄTZOLD¹⁴ eine Arbeit über ihre Erfahrungen mit der Durchschallmethode, in der sie schrieben: "Nach unserem Befund haben die dunklen Stellen nichts mit den Ventrikeln zu tun, sondern entsprechen den Schädelstellen kleiner Knochendicke. Der Zufall will es nämlich, dass das US-Schattenbild bei lateraler Durchstrahlung des Skelettschädels eine Zone stark vergrösserter US-Durchlässigkeit ergibt, die in ihrer äusseren Kontur eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Ventrikulogramm hat".

BALLANTINE, BOLT und HUETER² prüften diese Ergebnisse und gaben darauf 1954 die Durchschallungsmethode auf, gleichzeitig wiesen sie darauf hin, dass man vielleicht mit dem Echoimpulsverfahren zu besseren Ergebnissen kommen könnte.

Auf diese Möglichkeit machten schon 1940 die Deutschen GOHR und WEDEKIND¹² sowie SCHLIEPHAKE aufmerksam, kamen jedoch nicht zu eigenen Ergebnissen. KEIDEL, der 1947 mit dem Impulsverfahren arbeitete, zweifelte daran, dass sich damit durch den Knochen hindurch verwertbare Ergebnisse erzielen liessen²⁰; zu dem gleichen Resultat kam auch 1955 noch die U.S. Atomic Energy Commission.

Seit 1950 wurde mit dem Echoimpulsverfahren bei der Tumordiagnostik am Leichenhirn und am operativ freigelegten Gehirn gearbeitet (FRENCH, WILD, NEAL¹¹, REID, KIKUCHI u.a.). Man verwendete eine Frequenz von 15 MHz und kam zu recht guten Ergebnissen, so dass diese Methode auch in andere medizinische Bereiche übernommen wurde (Ophthalmologie, Gynäkologie, Herz- und Abdomendiagnostik). Ein Ultraschallstrahl von 15 MHz besitzt jedoch nur eine geringe Eindringtiefe, und wird gleichzeitig von Knochen sehr stark absorbiert, so dass mit ihm eine Untersuchung des intakten Schädels unmöglich ist.

1955 stellte LEKSELL²⁵ bei Untersuchungen mit $1/2 - 1$ MHz am intakten Schädel fest, dass sich von der Mittellinie des Gehirns ein regelmässiger Echoimpuls gewinnen lässt. Aus der Verlagerung dieser M-Echos konnte er auf raumfordernde Prozesse in einer Hirnhemisphäre schliessen. In weiteren Veröffentlichungen diskutierten er und andere Autoren (JEPPSON^{17,18}, de VLIETTER u. RIDDER³⁷, GORDON¹³, JEFFERSON¹⁶, ter BRAAK et al.⁵, LITHANDER²⁷, TAYLOR et al.) die Herkunft des Mittellinierechos. Gleichzeitig wurden die klinischen Ergebnisse verbessert, Dank seiner einfachen Anwendbarkeit,

seiner Genauigkeit und vor allem seiner Gefährlosigkeit für den Patienten hat sich das Echoimpulsverfahren, das von LEKSELL "Echoencephalographie" genannt wurde, in der Diagnostik raumfordernder Prozesse des Schädelinnenraumes immer mehr durchgesetzt.

2. Grundlagen der Ultraschalldiagnostik

a) Der Ultraschall

Das menschliche Gehör empfindet Schwingungen in einem Frequenzbereich von 16 Hz bis etwa 20 kHz als Schall. Schwingungen unter 16 Hz (Infraschall) können von ihm ebensowenig wahrgenommen werden, wie die des Ultraschalls, dessen Frequenzbereich über der oberen Grenze des Hörschalls liegt und bis etwa 100 000 MHz reicht (MHz = 1 Million Schwingungen/sec).

Wie der gewöhnliche Schall, so ist auch der Ultraschall in der Ausbreitung seiner Wellen an ein Medium gebunden. In elastischen Medien breiten sie sich vornehmlich in Form von Longitudinalwellen aus.

Die kurze Wellenlänge macht es möglich, den Ultraschall zu einem Strahl zu bündeln. Seine physikalischen Eigenschaften werden mit steigender Frequenz denen des sichtbaren Lichts immer ähnlicher. Wenn solch ein Ultraschallstrahl auf ein Objekt trifft, so wirft dieses einen akustischen "Schatten", d.h. es reflektiert, absorbiert und bricht den Schall. Um die Anwendbarkeit des Ultraschalls in der medizinischen Diagnostik verständlich zu machen, ist es nötig, einige grundsätzliche physikalische Eigenschaften desselben aufzuzählen:

- 1) Die Schallgeschwindigkeit ist ein Produkt aus Schallfrequenz und Wellenlänge.

- 2) Die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Schalles in einem Medium ist abhängig von der Dichte und den Elastizitätskonstanten desselben.
- 3) Die Strecke, die der Ultraschall als gradliniger Strahl durchläuft, bezeichnet man als Nahfeld. Die Nahfeldlänge wird bestimmt durch das Verhältnis von Wellenlänge und Durchmesser des ebenen, kreisförmigen Senders. Ausserhalb des Nahfeldes divergiert der Strahl mit einem Öffnungswinkel, der von denselben Grössen abhängig ist.
- 4) Wenn der Ultraschall ein Medium durchläuft, erfährt er durch Absorption einen gewissen Energieverlust. Dieser wird um so grösser, je länger die durchlaufene Strecke und je höher die Frequenz sind. In einem heterogenen Medium von verschiedener Dichte oder Struktur kommt zur Absorption noch die Brechung hinzu, so dass ein weiterer Energieverlust auftritt.
- 5) Wie das sichtbare Licht wird der Ultraschall, wenn er in ein Medium, in dem eine andere Schallausbreitungsgeschwindigkeit herrscht, unter einem bestimmten Einfallswinkel eintritt, reflektiert und gebrochen. Der Reflexionswinkel ist gleich dem Einfallswinkel; der Brechungswinkel ist abhängig vom Einfallswinkel und den Schallgeschwindigkeiten in beiden Medien. Je mehr sich der Einfallswinkel 90° nähert, um so grösser ist die Menge der reflektierten Energie.
- 6) Reflexion tritt an der Grenze zwischen zwei Medien aber nur auf, wenn sie sich in ihrer akustischen Impedanz unterscheiden. Diese ist ein Produkt der Dichte des Mediums und der Schallausbreitungsgeschwindigkeit in ihm.

7) Die Schallenergie, welche reflektiert wird, ist um so grösser, je mehr der Quotient zwischen den akustischen Impedanzen zweier Medien von dem Wert 1 abweicht.

Z.B. ist die Reflexion zwischen gasförmiger und fester oder flüssiger Materie nahezu 100%, da das Verhältnis ihrer Impedanzen, wie aus Tabelle I ersichtlich, etwa $10^4 : 3$ ist.

Medium		Temp. C	Frequenz (MHz)	Schall- geschw. (m/sec)	Dichte (g/cm ³)	akust. Impedanz (g/cm ² sec)
Wasser	1	25	15,0	1495,6	0,997	$1,49 \cdot 10^5$
Luft	2	0	-	331,0	$1,293 \cdot 10^{-3}$	42,80
Knochen	3	-	2,5	3380,0	1,800	$6,10 \cdot 10^5$
Gehirn (Hund)	4	24	2,5	1515,0	1,028	$1,56 \cdot 10^5$
Weiches Körper- gewebe	4	37	2,5	1490- 1610	1,600	$1,58 -1,70 \cdot 10^5$

Tabelle I

- 1 BARTHEL, 1954
- 2 CRAWFORD, 1955
- 3 GÜTTNER et al., 1952
- 4 LUDWIG, 1950

Aus diesen Eigenschaften des Ultraschalls ergeben sich die Möglichkeiten, ihn in der medizinischen Diagnostik anzuwenden. Das Durchschallungsverfahren macht sich die Dämpfung des Ultraschalls durch Absorption zunutze, die je nach durchlaufenem Medium verschieden ist. Man bringt das Untersuchungsobjekt zwischen einen Sender und einen Empfänger und kann dann die Dämpfungsdifferenzen registrieren und sie den sie hervorrufenden Strukturen zuordnen. Diese Methode hat eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Röntgenverfahren.

Beim Echoimpulsverfahren sind Sender und Empfänger in einem Prüfkopf vereinigt. Der ausgesandte Ultraschallstrahl wird an der Grenze zwischen zwei Medien mit verschiedener akustischer Impedanz reflektiert und vom Empfänger als Echo aufgenommen und aufgezeichnet. Aus der Laufzeit des Schallimpulses lassen sich Schlüsse auf die Lage der reflektierenden Flächen ziehen. Bei der Untersuchung braucht man zur genauen Lokalisation einen ausreichend langen, wenig streuenden Strahl von geringem Durchmesser. Nur im Nahfeld läuft der Ultraschallstrahl annähernd geradlinig und streut nicht ³⁾. Will man das Nahfeld verlängern, so muss man entweder die Frequenz steigern oder den Sende-durchmesser vergrössern. Letzteres steht natürlich dem oben Geforderten entgegen, da ja mit zunehmender Sendefläche auch der ausgesandte Strahl dicker wird. Mit Steigerung der Frequenz wird jedoch der Reflexionsbereich, d.h. die Entfernung, aus der noch ausreichend verwertbare Echos zu erhalten sind, immer geringer. Unter ⁴⁾ sieht man nämlich, dass bei steigenden Frequenzen die Absorption, und damit der Schallenergieverlust, zunimmt. Diesen ungünstigen Effekt kann man auf zwei Arten ausgleichen: Erstens durch Verstärkung des empfangenen Echsignals; hierbei ist durch die immer stärker werdenden Nebengeräusche des Verstärkers eine Grenze gesetzt. Zweitens dadurch, dass man die Intensität des ausgesandten Ultraschallimpulses steigert, dieses aber nur in dem Maße, in dem eine Gewebsschädigung ausgeschlossen ist. Nach ⁵⁾ ist verständlich, dass beim Echoimpulsverfahren, da Sender und Empfänger in einem Prüfkopf vereinigt sind, der Schallstrahl möglichst auf die Oberfläche des Untersuchungsobjektes senkrecht auftreffen muss, um zu verhindern, dass er gebrochen oder in eine andere als die Richtung zurück zum Empfänger reflektiert wird. Allerdings lassen sich nur dann ausreichende Echsignale von der Grenze zwischen zwei Medien darstellen, wenn der Unterschied ihrer Impedanzen gross genug ist ^{6), 7)}.

Ebenfalls ist es nach ⁷⁾ klar, dass auf keinen Fall zwischen Prüfkopf und Untersuchungsobjekt Gas (Luft) sein darf, da wegen der praktisch totalen Reflexion der Ultraschall das Objekt gar nicht mehr erreicht.

b) Zur Frage der Schädigung von Knochen und Hirngewebe durch Ultraschall

Ein besonderes Gewicht muss - wie in dem vorher Gesagten bereits hervorgehoben - der Frage beigemessen werden, ob bei der Ultraschalluntersuchung die Möglichkeit einer Schädigung von Hirn oder Schädelknochen besteht, und zwar besonders bei der Untersuchung von jungen Patienten, an deren verhältnismässig dünner Schädelkalotte nur eine geringe Schalldämpfung auftritt.

Bei ihren Untersuchungen über den Ultraschall in der Medizin (1940) wiesen GOHR und WEDEKIND ¹² auf thermische, mechanische und chemische Schädigungsmöglichkeiten hin:

- a) Temperaturschwankungen in Wellenknoten und -bäuchen, Wärmeentwicklung bei der Reflexion;
- b) Zerreiassungen des Gewebes durch Unter- und Überdrucke (Kavitation);
- c) freiwerdende chemische Energie in Form von oxydierenden und reduzierenden Substanzen. Der Grad der Schädigung sei abhängig von der Intensität der angewandten Energie.

1949 zeigten BARTH und BULOW⁴ durch Experimente an jungen Hunden, dass der wachsende Knochen gegenüber Ultraschalleinwirkung nicht empfindlicher ist als der erwachsene. Sie arbeiteten mit einer Frequenz von 800 kHz bei steigender Intensität.

Unterhalb einer "Schwellendosis" von $3,5 \text{ W/cm}^2$ konnten sie keinerlei Knochenzerstörung feststellen, lediglich die bedeckende Haut war in Form einer leichten Schwellung etwas angegriffen. Ferner stellten sie fest, dass Schmerzen bereits bei Dosen auftreten, bei denen noch keine fassbaren Knochen-schädigungen beobachtet werden können. Eine Summation von unterschwelligen Reizen im Sinne einer Schädigung konnten sie nicht nachweisen.

ADAM (1949)¹, der kindliche Gehirne an der Schläfengegend mit Ultraschall behandelte (5-6 mal in mehrtägigen Abständen mit Dosen von $2,25 - 2,50 \text{ W/cm}^2$ bei einer Frequenz von 800 kHz beiderseits je 5 Min.), konnte niemals klinische Schäden nachweisen. BALLANTINE, BOLT et al. (1950)³ berichten von Versuchen über die Ultraschallwirkung auf Hirngewebe. Sie beschallten einen Hund mit 2,4 MHz und einer Intensität von 3 W/cm^2 für 11,5 Min., einen anderen mit $1,5 \text{ W/cm}^2$ für 15 Min. und eine Katze bei 800 kHz mit 15 W/cm^2 für 5 Min. Bei keinem der Tiere konnte eine histologisch fassbare Hirn-schädigung nachgewiesen werden, nur die Katze zeigte eine oberflächliche Hautläsion. Bei zwei Versuchen an Menschen wurde ein 800 kHz-Sender auf die Kopfhaut gesetzt und gleichzeitig eine EEG-Kontrolle gemacht. Spitzenintensitäten von 5 W/cm^2 für Perioden bis zu 9 sec. reichten aus, um einen gemässigten Kopfhautschmerz auszulösen, waren aber nicht in der Lage, das EEG zu verändern. HUETER u. BOLT¹⁵ kamen 1951 zu dem Schluss, dass man bei kontinuierlichem Ultraschall bis zu einer Grenze von 1 W/cm^2 gehen kann, ohne Schmerz oder Schädigung zu verursachen.

FRENCH, WILD und NEAL¹¹ beschallten 1951 die freigelegten Gehirne von 4 Kaninchen und einer Katze 20 Min. lang mit pul-

sierendem Ultraschall von 15 MHz und $1,3 \text{ W/cm}^2$. Sie fanden danach weder klinische noch histologische Anzeichen einer Hirnschädigung.

Die heute verwendeten Echoencephalographen arbeiten mit einer Spitzenintensität von 5 mW/cm^2 (Milliwatt!), was eine Schädigung von Knochen oder Gewebe demnach mit Sicherheit ausschliesst.

B. Die Ultraschalldiagnostik des Hydrocephalus

1. Zum Begriff des Hydrocephalus. Fragestellung.

Unter dem Begriff des Hydrocephalus sind eine Fülle von ätiologischen und genetischen Zuständen vereinigt. Ihnen gemeinsam ist nur das Symptom der vermehrten Ansammlung von Flüssigkeit in den Schädelhöhlen (F. KRUSE²²). Im allgemeinen gebraucht man diese Unterteilung:

1. Hydrocephalus communicans: Die Passage des Liquors durch die Ventrikel ist nicht gestört. Der Liquor wird entweder vermehrt produziert (Hydrocephalus hypersecretorius) oder nicht genügend resorbiert (Hydrocephalus non resorptus). Diese Form wird meist durch entzündliche Erkrankungen, eventuell auch durch Traumen hervorgerufen.
2. Hydrocephalus occlusus: Hier ist die Liquorpassage zwischen den Ventrikeln bzw. der Cisterna magna durch entzündliche Prozesse oder einen Tumor blockiert. Am häufigsten ist ein Aquäduktverschluss.
3. Hydrocephalus e vacuo: Bei dieser Form sind die Ventrikel (und meist auch der Subarachnoidealraum = H. externus)

durch hirnatrophische oder vaskuläre Prozesse vergrössert.

Ein Hydrocephalus geringen Grades ist mit klinisch-neurologischen Methoden nur sehr schwer zu diagnostizieren. Die möglichen, auch sonst nur wenig aussagekräftigen Zeichen, wie evtl. Stauungspapille, Kopfumfangszunahme, Kopfschmerzen, Pyramidenbahnzeichen und Hirndrucksteigerung treten hierbei im allgemeinen noch nicht auf. So ist man auf die Hilfe der Röntgenkontrastdarstellungen des Schädels angewiesen: Pneumocephalographie, Ventrikulographie und Arteriographie. Diese Untersuchungen sind jedoch für den Patienten mit recht erheblichen Unannehmlichkeiten verbunden und obendrein nicht völlig gefahrlos. Bei gesteigertem Hirndruck ist die Pneumocephalographie sogar kontraindiziert (BRENNER⁶). Man hat lange nach weiteren Methoden zur Ventrikeldarstellung gesucht. In der Echoencephalographie hat man nun ein Verfahren gefunden, das für den Patienten schmerz- und gefahrlos ist. Man kann das Gerät direkt an das Bett eines Kranken bringen, und die Untersuchung nimmt verhältnismässig wenig Zeit in Anspruch.

Aufgabe dieser Arbeit war, zu prüfen, in welchem Ausmass und mit welcher Genauigkeit man, unabhängig von den oben erwähnten Methoden, allein mit der Echoencephalographie im klinischen Routinebetrieb Aussagen über eine Erweiterung des Ventrikelsystems machen kann.

2. Gerät und Untersuchungsmethode

Bei dem von uns benutzten Apparat handelt es sich um ein Echoimpulsschallgerät System Krautkrämer der Firma Siemens-Reiniger, Erlangen. Von einem Impulsgenerator werden elektrische Impulse erzeugt, die in einem als Prüfkopf dienenden piezoelektrischen Kristall (Barium-Titanat) in mechanische

Schwingungen (Ultraschallimpulse) umgewandelt werden. In der Ruhezeit zwischen den einzelnen ausgesandten Impulsen werden die im Schädel reflektierten Ultraschallschwingungen von demselben Prüfkopf wieder in elektrische Schwingungen verwandelt, über einen Verstärker einer Braunschen Röhre zugeleitet und dann nacheinander auf dem Bildschirm des Kathodenstrahloszillographen dargestellt. Mittels eines Maßstabreglers kann die Laufzeit des Ultraschallstrahles auf der Skala des Leuchtschirmes nach Wunsch eingestellt werden. Weiterhin können mit verschiedenen Schaltern Skalenbeleuchtung, Amplitudenhöhe, Tiefenschärfe, Impulsstärke ($1-5 \text{ mW/cm}^2$), Messbereich (50-100-125-200-250-500 mm) und Nullpunkt geregelt werden. Die Skala reicht von 0 bis 5 und ist durch Teilstriche in 50 Skaleneinheiten eingeteilt. An den Apparat lassen sich Prüfköpfe mit verschiedenem Durchmesser (10 und 24 mm) und verschiedener Frequenz (1, 2 und 4 MHz) anschliessen. Im allgemeinen arbeiteten wir bei unseren Untersuchungen mit einem Prüfkopf von 24 mm Durchmesser und einer Frequenz von 2 MHz. Es erwies sich der Messbereich von 200 mm und die Intensität von $3-5 \text{ mW/cm}^2$ als günstig.

Bei der Untersuchung des Patienten ist es zweckmässig, die Durchschallung des Schädels an genau festgelegten Punkten vorzunehmen. Man hat sich allgemein auf drei Messpunkte geeinigt (KRAMER²¹):

P 1 : Im Bereich der Schläfenschuppe

P 2 : 1 cm hinter oder direkt am oberen Ohrmuschelansatz

P 3 : 1,5 cm oberhalb des Warzenfortsatzes.

Wir prüften ausserdem noch an einem Punkt P 4, der 1 - 2 cm oberhalb P 2 liegt, um mit dem Meßstrahl in den Bereich der Seitenventrikel zu kommen. Der Meßstrahl nimmt bei der Ableitung über P 2 folgenden Weg: Er tritt nacheinander durch das

Weichgewebe, den Knochen, die Dura mater, dann durch den mittleren Bereich des Schläfenlappens, etwa 3 cm oberhalb der temporalen Lappenbasis; er durchdringt das Inselgebiet mit den Sulci, schneidet das Tentorium an, geht durch die Thalamuskern und überschreitet im 3. Ventrikel die Mittellinie.

Man beginnt die Untersuchung damit, dass man mit einem Testzirkel den Kopfdurchmesser des Patienten zwischen den beiden P 2 misst. Dann wird das Gerät eingeschaltet. Nach etwa 1 Minute Anheizzeit erscheint der Sendeimpuls mit der Nulllinie auf dem Bildschirm. Mit dem Nullpunktregler wird der Fusspunkt des Sendeimpulses mit dem Anfang der Skaleneinteilung in Übereinstimmung gebracht. Sodann kann der Prüfkopf, der mit ausreichend Kontaktpaste versehen ist, auf die Kopfhaut aufgesetzt werden. Es muss dabei versucht werden, einen möglichst engen Kontakt zwischen Haut und Prüfkopffläche zu erreichen. Der Vorteil der Kontaktpaste (es eignet sich auch Vaseline oder Glycerin dazu), die nach der Beschallung leicht abwaschbar ist, liegt darin, dass die Kopfhaut für die Untersuchung nicht rasiert zu werden braucht.

Auf dem Leuchtschirm erscheinen verschiedene Echozacken, deren auffälligste das Initial- oder Anfangsecho, das Endecho und das Mittellinienecho sind. Eventuell muss man durch einiges Hinundherrücken des Prüfkopfes den Ansatz so lange korrigieren, bis man die Standardechos klar erkennen kann. Jetzt wird der Maßstab so eingeregelt, dass ein leichtes Ablesen und Messen möglich ist. Hier ergibt sich eine Schwierigkeit, die darin besteht, dass man mit dem Echoencephalographen nicht den gesamten Durchmesser des Kopfes exakt darstellen kann. Es bezeichnen nämlich die Fusspunkte des Echos allein den Eintritt in ein anderes Medium. Das Endecho (E) bezeichnet demnach den Eintritt in den Knochen der

dem Prüfkopf gegenüberliegenden Schädelseite, nicht aber deren Aussenfläche (weitere Echos, z.B. zwischen Knochen und Haut, gehen meist wegen zu grosser Dämpfung unter). Die Strecke Anfangsecho (A) (das ja von der Aussenseite des Schädels abgeleitet wird) - Mittelecho (M) ist also ein wenig länger als die Strecke Mittelecho - Endecho (E). Wir nehmen also am besten das Mittelecho als festen Bezugspunkt. Dazu müssen wir zuerst durch Beschallen von beiden Seiten feststellen, ob das Mittelecho mittelständig ist. Ist dies der Fall, d.h. ist die Strecke A-M von beiden Seiten gleich lang, so stellen wir seinen Fusspunkt auf einen markanten Teilstrich der Skala ein, z.B. 20 oder 25. Der gesamte Schädeldurchmesser ist dann die doppelte Strecke A-M, also 40 oder 50 Skalenteile. Auf diese Weise lassen sich Skaleneinheiten leicht in Millimeter umrechnen. Ist das Mittelecho geteilt, wie es beim 3. Ventrikel der Fall ist, so ist die Mitte zwischen beiden Zacken als fiktives Mittelecho anzunehmen. Als Beispiel eine Ventrikelberechnung:

M_1 und M_2 = Wände des 3. Ventrikels

A = Anfangsecho

~~E~~ ~~B~~ = Endecho

A liegt bei Skalenteil 0, M_1 bei 18, M_2 bei 22 und E bei 38. Die Mitte zwischen den beiden Ventrikeln wäre 20, die Strecke A-M betrüge demnach 20 Skaleneinheiten (SE), der Gesamtdurchmesser folglich 40 SE. Der gemessene Durchmesser war 160 mm:

$$40 \text{ SE} = 160 \text{ mm}$$

$$1 \text{ SE} = 4 \text{ mm}$$

$$M_1 - M_2 = 4 \text{ SE} = 16 \text{ mm}$$

Der Durchmesser des 3. Ventrikels betrüge also 16 mm.

Nach der Einstellung des Maßstabes kann man noch die Höhe und Schärfe der Echos regulieren. Allerdings sollte man nicht

zu viele Zacken herausblenden (ein "Schwellwert-Regler" ermöglicht es, kleine Störechos zu unterdrücken), da sonst vielleicht ein falsches Bild entsteht. Es muss immer von beiden Seiten durchschallt werden. Mit einer vor dem Leuchtschirm angebrachten Polaroid-Land-Kamera lassen sich die Echoencephalogramme in kürzester Zeit (10 sec.) aufnehmen. Durch Heben der Kurve mit einem Fußschalter können bis zu drei Ableitungen auf einem Bild festgehalten werden.

3. Das normale Echoencephalogramm und das Ventrikelsystem

Wie oben schon beschrieben, ist neben dem Anfangs- und dem Endecho das Mittelecho die auffallendste Impulszacke auf dem Echoencephalogramm (Abb. 1). Auf sie und ihre Entstehungsart richteten naturgemäss die Autoren ihr Interesse, die sich mit dem Echoimpulsverfahren als erste beschäftigten. Nachdem zuerst LEKSELL (1958) die Ansicht vertreten hatte, das Mittelecho rühre vom Corpus pineale her, erschienen verschiedene Arbeiten mit anderen Hypothesen. So wurden als Entstehungsort die Falx cerebri (LITHANDER, JEPPSON), die Fissura interhemisphaerica (de VLIEGER u. RIDDER, TAYLOR, NEWELL und KARVOUNIS) und das Septum pellucidum (GORDON, JEFFERSON, TAYLOR et al.) angegeben. Die Diskussion darüber ist inzwischen beendet. Man spricht heute allgemein vom Mittellinienecho (MLE), weil man zu der Ansicht gekommen ist, dass nicht nur eine dieser Strukturen dasselbe hervorruft, sondern dass sie, da sie ja alle in der Mittellinie des Gehirns liegen, zusammen für sein Entstehen verantwortlich sind.

Der Engländer GORDON wies 1959 als erster darauf hin, dass man von den Wänden des 3. Ventrikels ein gedoppeltes Mittellinienecho ableiten könne (Abb. 2). Diese Erfahrung wur-

de danach von allen anderen Autoren bestätigt. Die Deutlichkeit, mit der die beiden Impulsacken meist auftreten, ermöglicht es, dass man die Breite des Ventrikels leicht errechnen kann. Wir bedienten uns zur Auswertung unserer Befunde der von A. SCHULZE angegebenen Einteilung der Ventrikelerweiterungen:

bis	5,9 mm	: normal	
6,0 -	7,9 mm	: leichte Erweiterung	+
8,0 -	9,9 mm	: mässige Erweiterung	++
10,0 -	11,9 mm	: erhebliche Erweiterung	+++
über	12,0 mm	: hochgradige Erweiterung	++++

Ausserdem erscheinen auf dem Echoencephalogramm verschiedene andere Echos, die von Hirnstrukturen mit unterschiedlicher Schallausbreitungsgeschwindigkeit stammen. Eine genaue Definition ist bis jetzt in den wenigsten Fällen gelungen. Man nimmt an, dass mit einiger Regelmässigkeit die Fissura Sylvii (LI - THANDER) und die Wände der Seitenventrikel Echos erzeugen.

C. Untersuchungen und Ergebnisse

Wir haben zunächst an 60 erwachsenen Personen ohne Verlagerung des Mittellinienechos die von den Ventrikeln zu erhaltenen Reflexe geprüft und versucht, die Ergebnisse an Leichenhirnen zu bestätigen. Später sind wir dann dazu übergegangen, an 216 neurochirurgischen Krankheitsfällen den Wert der Echoencephalographie für die Diagnostik zu überprüfen.

1. Die Ventrikelechos bei Normalpersonen

Für unsere Untersuchungen war es natürlich auch von Wichtigkeit, ob wir zur Diagnose eines Hydrocephalus Echos heranziehen konnten, von denen wir mit einiger Sicherheit erwarten durften,

dass sie von den Wänden der Seitenventrikel stammten. Bei unseren Überlegungen stiessen wir auf zwei Schwierigkeiten:

1. Die lateralen Wände des I. und II. Ventrikels stehen nicht völlig senkrecht zur Beschallungsachse, die Möglichkeit, ausreichende Echoimpulse zu erhalten, ist damit verringert.
2. Es gibt in der Literatur keine genauen Maße der Seitenventrikeldurchmesser. Der Hauptgrund liegt darin, dass weder am Pneumencephalogramm noch am Leichenhirn eine wirklich auf den Millimeter genaue Grössenbestimmung möglich ist. Lediglich folgende Werte waren uns zugänglich:

<u>Cella media</u> -Breite	(links + rechts)	
DAVIDOFF u. DYKE	7-9 cm (Durchschn. 8 cm)	
SCHULZE, A. ³⁴	7-8 cm Kopfdurchmesser	
NÜRNBERGER u. SCHALTENBRAND ²⁹	7,0 cm	14,0 cm
	7,3 cm	14,5 cm
	7,7 cm	15,0 cm
	8,0 cm	15,5 cm
LAST u. TOMPSETT	6,0 cm (Durchschnitt)	

Temporalhörner, grösste Breite:

LAST u. TOMPSETT ²⁴	7,3 cm (Durchschnitt)
--------------------------------	-----------------------

In den wenigen Arbeiten über Echoencephalographie, die sich mit der Lage der Seitenventrikelechos befassen, wird meist angenommen, dass diese nahe am Mittellinienecho liegen (GORDON¹³, SCHIEFER³¹), ihr Abstand zur Mittellinie wird nicht angegeben. Lediglich B. LITHANDER²⁷ berichtete 1961 von Untersuchungen an kindlichen Schädeln, bei denen sie den grössten Abstand des Seitenventrikelechos (Vorderhorn) vom Mittellinienecho mass; dabei war dieser Abstand nicht grösser als 25 mm. LAPAYAWKER²³ (1965) dagegen behauptet, nur Echos von dem hinteren Teil des Atriums erhalten zu können, und zwar im

mit S_3 , S_2 (eine Zacke, die in allen Ableitungen ziemlich deutlich pulsierte) und S_1 . Drücken wir ihre Entfernung von der Mittellinie in Zentimetern aus (ein durchschnittlicher Kopfdurchmesser von 15,0 cm angenommen), so kommen wir zu folgendem Ergebnis:

1. $M-S_1$ = ca. 1,5 - 1,8 cm
2. $M-S_2$ = ca. 2,7 - 3,0 cm
3. $M-S_3$ = ca. 3,9 - 4,2 cm

Denkt man sich nun das Ventrikelsystem über die Zacken projiziert (siehe Abbildung) und von einem 2,4 cm dicken Ultraschallstrahl (Durchmesser des Prüfkopfs) durchschnitten, so käme folgende Deutung der Echos in Frage: S_1 stammt von dem untersten Rand des Seitenventrikels (Cella media), S_2 vom Plexus choreoideus, der der Wand anliegt und S_3 von dem obersten Rand, also der grössten Breite der Cella media, was den weiter oben angegebenen Massen entsprechen würde. Andererseits liesse sich denken, dass S_3 von der Wand des Temporalhornes stammt, da die Zacke ja, wie bei TER BRAAK⁵ angegeben, in der Mitte zwischen Anfangs- und Mittellinienecho liegt. Um sie zu erhalten, müsste man aber den Prüfkopf tiefer ansetzen.

2. Die Ventrikelechos am Leichengehirn

Um diese Annahme zu bestätigen, stellten wir 3 Versuche an Leichengehirnen an. Wir durchschallten den horizontal aufgeschnittenen Schädel mit Ultraschall und sahen, dass sich im Vergleich zu den vorher vorgenommenen Ableitungen keine Veränderungen ergeben hatten. Dann hielten wir in die jeweils zu untersuchenden Strukturen ein dünnes Metallblatt. Hierdurch wurde das betreffende Echo verstärkt, so dass seine Lokalisation ermöglicht wurde. Wir konnten dabei feststellen, dass die beschriebenen Echowacken mit grosser Wahrscheinlichkeit von den

genannten Strukturen stammen. Wir durchschallten auch das aus der Schädelkalotte herausgenommene Gehirn und kamen zu denselben Ergebnissen.

3. Folgerungen. Weitere diagnostische Möglichkeiten

Bei einer Ventrikelerweiterung müssten also die drei beschriebenen Echos zum Anfangsecho hin verlagert sein. Sie geraten dabei jedoch immer mehr in den Bereich der grossen Störzacke des Anfangsimpulses, von der dann als erstes S_3 überlagert würde. Es wird in diesem Falle schwierig sein, zu bestimmen, um welche Echos es sich bei den übrigen Zacken handelt. Beispielsweise kann man manchmal auch von der Fissura Sylvii ein Echo erhalten, wenn die Anfangszacke nicht zu gross ist; meist verschwindet jedoch das Echo in dem grossen Komplex des Anfangsechos. Wir haben uns deshalb entschlossen, bei der Diagnose eines Hydrocephalus uns auf die Feststellung einer Seitenventrikelerweiterung allein möglichst nicht zu verlassen. Nur dann, wenn kein deutliches Doppelecho vom 3. Ventrikel zu erhalten war, haben wir, wenn die drei S-Echos sichtbar verlagert waren, einen Hydrocephalus angenommen.

Auf eine weitere Möglichkeit zur Untersuchung von Ventrikelerweiterungen weisen SCHIEFER, KAZNER u. BRÜCKNER³¹ (1963) hin. Bei extrem erweiterten Ventrikeln kindlicher Schädel lässt sich das Ausmass des Hydrocephalus durch die Bestimmung der Hirnmanteldicke ermitteln. Wegen der geringen Dicke des Schädelsknochens lässt sich das Ventrikelwandecho leicht vor dem Endecho darstellen (Abb. 4). Interessant für die Ventrikelbestimmung ist ebenfalls die Tatsache, dass man auch ein gedoppeltes Echo erhalten kann, wenn die Wände des Septum pellucidum, die normalerweise eng zusammen liegen, zystisch ausein-

ander gewichen sind. Man erhält dann, wie wir mehrere Male nachweisen konnten, eine hohe steile Zacke, die von zwei kleineren flankiert ist. Um diesen Befund zu erhalten, muss man allerdings den Prüfkopf gegenüber der temporalen Ableitung etwas nach vorn und höher ansetzen (Abb. 5) (siehe auch SCHIEFER³²).

4. Befunde an Kranken

Es wurden an 216 Patienten der Neurochirurgisch-Neurologischen Klinik der Freien Universität Berlin und verschiedener Kinderkliniken, sowie an ambulanten Patienten 240 echoencephalographische Untersuchungen wegen Verdachts auf einen raumfordernden intrakraniellen Prozess vorgenommen. Unsere Befunde wurden nachträglich anhand von Röntgenbildern, Röntgenkontrastaufnahmen und der Operations- und Sektionsergebnisse überprüft. Unter diesen waren 55 Patienten für unsere Untersuchung von Interesse (siehe Tabelle am Ende der Arbeit). Es hatten also 47 Patienten eine Erweiterung des Ventrikelsystems, hiervon wurden 40 Fälle richtig diagnostiziert. Bei den 4 Patienten mit Septum pellucidum-Zyste wurde 3-mal die richtige Diagnose gestellt, 1-mal wurde die Zyste für einen erweiterten Ventrikel gehalten. In 4 Fällen wurde die Diagnose Hydrocephalus gestellt, die jedoch durch die anderen Untersuchungsmethoden nicht bestätigt wurde.

Diagnose	Echoccephalographien			Rö.-Bild-Kontrolle			Rö.-Schädel		Kontrolle durch Op. oder Sek- tion
	pos.	neg.	Anzahl	PEG	VP	Arterio- graphie	Schädel		
Hydrocephalus	40	7	47	27	7	14	6	7	
zystisch ver- ändertes Me- ningeom	-	1	1	-	-	1	-	1	
Septum pel- lucidum- Zyste	3	1	4	4	-	1	-	-	
normales Ventrikel- system	-	3	3	2	1	2	-	-	
	43	12	55	33	8	18	6	8	

Tabelle III

5. Fallschilderungen

Aus der Anzahl der Fälle, bei denen die richtige Diagnose mit Hilfe der Echoencephalographie gestellt werden konnte, seien drei als Beispiel angeführt.

1. Fall (Nr. 44): A.S., zweijähriger Knabe mit bekanntem Hydrocephalus internus.

Aufnahme zur Prüfung der Operationsindikation. Neurologisch ausser hydrocephaler Schädelkonfiguration kein pathologischer Befund, Schädelumfang 53 cm, Durchmesser über dem Ohr 125 mm. Das EEG ist durch Wackelbewegungen gestört und lässt keine organische Herdbildung erkennen. Das Luftencephalogramm zeigt ein deutlich erweitertes Ventrikelsystem.

Das schon 2 Tage vorher abgeleitete Echoencephalogramm wies eine erhebliche Erweiterung des 3. Ventrikels auf, es wurde dabei ein Durchmesser von ca. 12 mm errechnet.

2. Fall (Nr. 46): B.S., zehnjähriger Knabe mit Tumor im Bereich der Stammganglien und Aquäduktverschluss. Hochgradiger Hydrocephalus internus. Aufnahme wegen heftiger Kopfschmerzattacken mit Erbrechen und Sehstörungen. Neurologischer Befund: Ataxie, Dysdiadochokinese, geringer Endstellnystagmus, Stauungspapille bds. von ca. 3-4 Dioptrien. Im EEG steile Abläufe und träge Frequenzen besonders in den retroauriculären Ableitungen. Bei der Echoencephalographie ergab sich ein mittelständiges, deutlich erweitertes Ventrikelsystem (3. Ventrikel ca. 9 mm). In der Ventrikulographie starker Hydrocephalus internus ohne Darstellung des 4. Ventrikels und des Aquäduktes, hochgradige Erweiterung des 3. Ventrikels und der Seitenventrikel. Operation mit osteoklastischer Freilegung der hinteren Schädelgrube ergibt eine grosse Zyste

im Bereich der Cisterna magna mit reichlich Liquor. Schlauchdrainage nach Torkildsen vom linken Seitenventrikel zur Cisterna magna. Röntgenbestrahlung des Plexus chorioideus.

6 Monate später erneute Aufnahme wegen zunehmender Lähmungserscheinungen links. Klinischer Befund und Ventrikulographie sprechen jetzt für einen schnell wachsenden Tumor im Stammganglienbereich, der den 3. Ventrikel fast vollständig ausfüllt.

3. Fall (Nr. 9): B.F., 58-jähriger Mann mit Verdacht auf Hirntumor.

Aufnahme wegen zunehmender Wesensveränderung, zeitweiliger Desorientiertheit und Kopfschmerzen. Neurologischer Befund: Sehnenreflexe rechts etwas lebhafter als links, beim Romberg'schen Versuch Schwanken und Abweichtendenz nach links, Merk- und Konzentrationsschwäche, leichte Erregbarkeit. Die weiteren Untersuchungen ergaben keinen sicheren Anhaltspunkt für das Vorliegen eines raumfordernden Prozesses (EEG, Carotisarteriographie, Gamma-Encephalographie).

Mit der Echoencephalographie konnten wir ein mittelständiges, mässig bis erheblich erweitertes Ventrikelsystem nachweisen, der Durchmesser des 3. Ventrikels wurde mit ca. 10 mm errechnet. Die anschliessend vorgenommene Luftencephalographie bestätigte diesen Befund, die Breite des 3. Ventrikels wurde dabei mit 11 mm angegeben.

Als Beispiel für falsche Diagnosestellungen seien 4 besonders eindruckliche Fälle vorgestellt. Zuerst einer der sieben Fälle, bei denen ein bestehender Hydrocephalus nicht echoencephalographisch diagnostiziert wurde:

4. Fall (Nr. 36): E.P., 57-jährige Frau mit Ependymom. Einweisung wegen Verdachts auf Hirntumor. Neurologischer Befund: Stauungspapille bds. von 3-4 Dptr. mit frischen papillären Blutungen, Gesichtsfeldeinengungen bds., vermehrter Tonus der rechten Körperhälfte. Das zunächst abgeleitete EEG sprach für einen basal liegenden Prozess, die linksseitige Carotisarteriographie für einen Stammhirntumor und einen Hydrocephalus internus. Die Ventrikulographie ergab einen deutlichen Hydrocephalus internus und einen raumfordernden Prozess rechts occipital, der den 3. Ventrikel leicht nach links verdrängte. Bei der anschliessend ausgeführten Operation konnte ein grosses, vorwiegend occipital liegendes Ependymom subtotal entfernt werden. Schon sehr frühzeitig wurde auch ein Echoencephalogramm angefertigt, das jedoch fälschlicherweise als normal bezeichnet wurde. Erst bei einer späteren Durchsicht fiel auf, dass es sich um eine Verlagerung des stark erweiterten 3. Ventrikels handelte, wobei bei der Beschallung von beiden Seiten jeweils die eine Ventrikelwand als Mittellinienecho imponierte.

In 4 Fällen konnten wir unseren Verdacht auf Hydrocephalus nicht bestätigt sehen. Ein Beispiel dafür:

5. Fall (Nr. 32): E.N., 53-jährige Frau mit Pseudotumor cerebri. Aufnahme wegen Sehstörung des linken Auges, passageren Doppelbildern sowie Zunahme der seit Jahren bestehenden Kopfschmerzen. Befund: Beiderseitige Stauungspapillen von 4-5 Dptr., Betonung des linken Patellarsehnenreflexes. EEG ohne pathologischen Befund (Hinweis auf Gefässprozess), Brachialisarteriographie rechts: ohne pathologischen Befund, biparietale Ventrikulographie: normal konfiguriertes, nicht

erweitertes Ventrikelsystem mit Darstellung des 3. Ventrikels.

Es wurden 2 Echoencephalogramme aufgenommen. Mit dem ersten konnte am Tage der Aufnahme eine Mittellinienverlagerung ausgeschlossen werden. Das zweite, 12 Tage nach der Ventrikulographie abgeleitet, zeigte ebenfalls ein mittelständiges Mittellinienecho, jedoch im Gegensatz zu dieser eine mässige Erweiterung des 3. Ventrikels von ca. 8 mm.

In einem anderen Fall stellten wir einen normalen 3. Ventrikel fest, hielten jedoch die Seitenventrikel für erweitert, was aber durch die Luftencephalographie ausgeschlossen wurde (Nr. 20).

Für besonders interessant halten wir den folgenden Fall, bei dem ein Tumor den Verdacht auf eine Erweiterung eines Seitenventrikels verursachte:

6. Fall (Nr. 43): D.S., 57-jährige Frau mit Meningeom. Die Anamnese in Verbindung mit den klinischen Befunden sprach für einen raumfordernden Prozess im Bereich der linken Hemisphäre, der durch Carotisarteriographie und EEG nachgewiesen werden konnte; im Echoencephalogramm fand sich eine Mittellinienverlagerung um ca. 6 mm nach rechts und frontal links ein durch zwei Zacken begrenzter Raum, der grösser als in den Ableitungen 2 und 3 war, und der als erweiterter linker Seitenventrikel diagnostiziert wurde. Es handelte sich dabei jedoch, wie die erfolgreiche Operation erwies, um ein hochgradig zystisch verändertes Meningeom links temporo-parietal.

Eine weitere Möglichkeit zur Fehldiagnose "erweitertes Ventrikelsystem" zeigt folgender Fall:

7. Fall (Nr. 29): E.M., 55-jähriger Patient mit cerebralen Durchblutungsstörungen und Septum pellucidum-Zyste. Einweisung wegen Verdachts auf einen raumfordernden intrakraniellen Prozess. Neurologischer Befund: Facialismundastschwäche links, angedeutete Reflexdifferenz. EEG: Hinweis auf Gefässprozess. Rechtsseitige Carotisarteriographie: leichte Ausbuchtung der Arteriagruppe nach links. In der Luftencephalographie liess sich das Ventrikelsystem nur ungenügend füllen. Das Septum interventriculare war auf 7-8 mm verbreitert. Das später ohne Kenntnis der vorhergegangenen Untersuchungen angefertigte Echoencephalogramm (Abb. 5) ergab ein mittelständiges doppeltes Mittellinienecho, besonders bei Durchschallung 2,5 cm oberhalb von P_1 . Es wurde auf eine Erweiterung des 3. Ventrikels geschlossen, der errechnete Abstand der beiden Echos von ca. 7 mm entsprach jedoch dem Durchmesser der Septum pellucidum-Zyste.

Bei 2 Fällen von extremem Hydrocephalus congenitus konnten wir die Hirnmanteldicke sehr deutlich an Hand der "echofreien Zone" zwischen dem Anfangsecho und der Echozacke der äusseren Wand des gegenüberliegenden Seitenventrikels feststellen, wie sie neben SCHIEFER³¹ auch von LITHANDER²⁸ und UMBACH³⁶ beschrieben wurde (Abb. 4).

An 2 Patienten, deren Ventrikelerweiterung durch Drainage nach Torkildsen bzw. Spitz-Holter behandelt worden war, wurde auch eine Verlaufsdiagnostik mit der Echoencephalographie vorgenommen und versucht, an Hand von Veränderungen der Seitenventrikелеchos Schlüsse auf deren Ursprung und ihre Bedeutung für die Bestimmung eines Hydrocephalus zu ziehen. Die Ergebnisse waren dabei jedoch zu wenig signifikant, um eine Aussa-

ge in positiver Hinsicht geben zu können.

D. Diskussion

Bei kritischer Betrachtung unserer Untersuchungsergebnisse drängt sich natürlich die Frage auf, worin der Grund dazu liegt, dass wir bei immerhin 12 von 55 Patienten zu Fehldiagnosen gekommen sind (das sind fast 22%). Welche Fehler sind gemacht worden, und wo liegen die Schwierigkeiten bei der Untersuchung, durch die diese hervorgerufen werden?

Als erstes fiel auf, dass wir kindliche Hydrocephali viel leichter und schneller diagnostizieren konnten als die von Erwachsenen. Im Echoencephalogramm zeigten sich grössere Amplitudenhöhen und weniger Störzacken. Als wir die Ergebnisse bei Kindern bis zu 16 Jahren mit denen von Erwachsenen verglichen, kamen wir zu folgendem Resultat:

	Kinder bis 16 J.			Erwachsene		
	+	-	Anzahl	+	-	Anzahl
Hydrocephalus	21	-	21	19	7	26
zystisch verändertes Meningeom	-	-	-	-	1	1
Septum pellucidum-Zyste	1	-	1	2	1	3
normales Ventrikelsystem	-	-	-	-	3	3
insgesamt:	22	-	22	21	12	33

Tabelle IV

Die Aufschlüsselung zeigt also, dass Fehler nur beim Ableiten von Erwachsenenschädeln aufgetreten sind. Das liegt haupt-

sächlich daran, dass einerseits der Schädelknochen des Erwachsenen viel dicker und deshalb für Ultraschallwellen weniger durchlässiger ist als der des Kindes, und dass andererseits ein Hydrocephalus im Kindesalter häufig sehr ausgeprägt ist.

Allein bei 5 der falsch bestimmten Fälle kamen wir zu der Fehldiagnose, weil wir schon Mühe hatten, wenigstens das Mittellinienecho zu finden. Wir begnügten uns bei der Routineuntersuchung dann nur damit, die Frage zu beantworten, ob eine Mittellinienverlagerung zu erkennen sei. Da dieses nicht der Fall war, wurden bei diesen Patienten auch leider keine Fotos gemacht, auf denen man bei genauerer Betrachtung vielleicht den pathologischen Befund nachträglich hätte feststellen können, wie es beim 4. Fall geschah. Bei 2 Patienten, bei denen zwar Fotos gemacht wurden, war es trotz längeren Suchens einfach nicht möglich, genügend deutliche Doppelechos zu finden.

Bei einer Patientin mit normalem Pneumencephalogramm wurde in dem ersten Echoencephalogramm keine, im zweiten eine Erweiterung des 3. Ventrikels von 8,5 mm festgestellt. Bei einer zweiten, ebenfalls mit negativem Befund in der Luftfüllung, diagnostizierten wir die Breite des 3. Ventrikels erst mit 10 mm, dann mit 8,4 mm. Es handelt sich also um Maße, die nur wenig oberhalb der Grenze des Normalen liegen; besser gesagt, der von uns angenommenen Grenze, an der wir jedoch weiter festhalten wollen. Andere Autoren ziehen den Normalbereich der Ventrikelbreite nicht so eng, sondern sehen nur alles, was über 7 (KAZNER¹⁹) bis 8 mm (SCHIEFER³³) liegt, als pathologisch an.

In einem Fall, bei dem der 3. Ventrikel richtig als normal weit bestimmt worden war, wurde eine Ventrikelvergrößerung angenommen, da wir glaubten, einen vergrößerten Seitenven-

trikel diagnostizieren zu können. Auch dieser Befund liess sich nicht bestätigen.

Es wird also deutlich, dass, besonders bei der Untersuchung von Erwachsenen, die Gefahr von Täuschungen und Fehlinterpretationen nicht gering ist. Wir weisen neben LITHANDER²⁶, SCHIEFER³¹, BRINKER⁸ und anderen Autoren besonders darauf hin, dass eine Wand des 3. Ventrikels, sei er verbreitert oder nicht, ein verlagertes Mittellinienecho vortäuschen kann. Oder sie kann, wie in unserem 4. Fall, wenn der Ventrikel nach einer Seite verzogen ist, als mittelständiges Mittellinienecho imponieren und so den Hydrocephalus verschleiern. Auch die Wand eines verlagerten Seitenventrikels kann einmal als Mittellinienecho erscheinen, wie es WHITE³⁸ beschreibt. Bei nicht korrektem Ansatz des Prüfkopfes kann auch, wie unser 7. Fall zeigt, eine Septum pellucidum-Zyste eine Ventrikelerweiterung vortäuschen.

Ganz besonders gehen die Anschauungen der Autoren auseinander, die sich mit der Lage der von den Seitenventrikeln herstammenden Echos beschäftigt haben. Unserer Ansicht nach wird bei der bitemporalen Echoencephalographie lediglich die Cella media-Breite und benachbarte Teile des Vorder- und Hinterhornes durchschallt. Das Temporalhorn (KRAMER²¹, SCHIEFER³², TER BRAAK⁵, FEUERLEIN¹⁰) wird normalerweise von einem horizontal durch den Schädel gehenden Ultraschallstrahl nicht getroffen, da es tiefer als P_2 liegt ; um das Vorderhorn (LITHANDER²⁸, TANAKA³⁵) und das Hinterhorn (TANAKA³⁵) zu erreichen, müsste ebenfalls ausserhalb der üblichen Ableitungspunkte untersucht werden. Wir stimmen nach unseren Erfahrungen und eigenen Deutungsversuchen am meisten mit FEUERLEIN¹⁰ überein, der schreibt: "Die Darstellung der Seitenventrikel gelingt nur in den wenigsten Fällen exakt, da deren Wände normalerweise in ziemlich spitzem bzw. stumpfem Winkel zum bitemporalen Bündel des Ultraschalls stehen", und meinen, dass bei der

klinischen Routineuntersuchung die Seitenventrikel nur schlecht auf eine Erweiterung hin untersucht werden können.

Ausserdem besteht selbst bei erhobenem Seitenventrikelbefund die Unmöglichkeit, die gefundenen Maße mit entsprechenden aus der Luftencephalographie zu vergleichen, da in der a.-p.-Aufnahme, auf der die Erweiterung der Seitenventrikel am besten zu erkennen ist, stets zahlreiche Ebenen in dem einen Bild übereinander projiziert sind, so dass eine exakte Messung nicht möglich ist.

Am 3. Ventrikel sind Messungen im Pneumencephalogramm trotz der durch die vergrössernde Aufnahmetechnik bedingten Schwierigkeiten viel leichter. Hier stimmten auch unsere Messergebnisse mit jenen ziemlich genau überein.

Oft verhindert bei der Untersuchung die Vielzahl von Zacken, die auf dem Bildschirm erscheinen, eine sichere Diagnose, da sie den Untersucher verwirren und unsicher machen; er kann eben doch nicht "in den Schädel hineinsehen", wie es ihm bei den Röntgenverfahren wenigstens indirekt möglich ist. Es gehört deshalb trotz der einfachen Handhabung der Apparatur eine beträchtliche Routine und Erfahrung zur Auswertung der Echoencephalogramme. Manche Autoren erleichtern sich die Arbeit durch Ausblenden kleinerer Echozacken, wodurch zwar ein klareres Bild entsteht, gleichzeitig aber auch die Gefahr der Ungenauigkeit gegeben ist; wir haben deshalb diese Methode nicht angewandt.

Als sehr hinderlich erwies sich bei unseren Untersuchungen, dass die Ergebnisse des Echoencephalogramms (in Skaleneinheiten) erst umständlich in Millimeter umgerechnet werden mussten, was die sonst erfreulich kurze Befundung doch um einiges verlängerte und dazu die Gefahr der Ungenauigkeit erhöhte, zu der auch das Messen mit dem Tastzirkel beitrug.

Es ist deshalb sehr zu begrüßen, dass die neuen Echoencephalographen mit einem Leuchtschirm ausgestattet sind, der es nach einmaliger Eichung erlaubt, das Ergebnis direkt in Millimetern abzulesen.

Den angeführten Nachteilen stehen jedoch wesentliche Vorteile dieser neuen Untersuchungsmethode gegenüber. Für den Nachweis von Ventrikelerweiterungen stellt sie ganz besonders bei Kindern eine Bereicherung in der klinischen Diagnostik dar. Hier ist sie der Luftencephalographie in ihrer Genauigkeit gleichwertig, während sie durch Schnelligkeit der Ausführung, Schmerzlosigkeit und Gefahrlosigkeit alle anderen Verfahren bei weitem übertrifft. Auch ist sie, gerade bei schreienden Kindern, viel weniger störungsempfindlich als etwa das EEG.

In der schmerzlosen und einfachen Anwendung liegt ein weiterer Vorteil der Echoencephalographie begründet. Es wird dadurch möglich, ohne weiteres über längere Zeit Verlaufsbeobachtungen anzustellen, sei es über das Anwachsen oder Bestehenbleiben einer Ventrikelerweiterung, z.B. bei Aquäduktverschluss, sei es zur Kontrolle der Wirksamkeit einer Tor-kildsen- oder Spitz-Holter-Drainage.

Abschliessend sei festgestellt, dass die Echoencephalographie bei der Hydrocephalusdiagnostik, wie auch zur Auffindung anderer raumfordernden intrakranieller Prozesse, nicht mit den Röntgenkontrastverfahren in Hinblick auf die Sicherheit der Aussage konkurrieren, geschweige denn sie verdrängen kann.

E. Zusammenfassung

1. Die Echoencephalographie wird als neue schmerz- und gefahrlose Methode zur Erkennung hydrocephaler Veränderungen vorgestellt und im Prinzip erläutert.
2. Es werden echoencephalographische Untersuchungen an 60 Gesunden und 216 Kranken, darunter 47 mit Hydrocephalus, ausgewertet.
3. Die Echos vom 3. Ventrikel sind ohne Schwierigkeiten zu bestimmen; die Lage der Seitenventrikelreflexe ist inkonstant und stark abhängig von der Ansatzhöhe des Schallkopfes.
4. Bei den untersuchten 22 Kindern stimmten die Ergebnisse mit den durch Röntgenkontrastverfahren gewonnenen überein. Bei Kindern ist die Echoencephalographie zur Feststellung des Hydrocephalus und zur Bestimmung der Hirnmanteldicke gut geeignet.
5. Bei Erwachsenen ergaben sich - wohl bedingt durch die stärkere Absorption des Schädelknochens und durch Störreflexe - häufiger Fehldiagnosen.
6. Die möglichen Ursachen der Fehldiagnosen werden hervorgehoben und diskutiert.

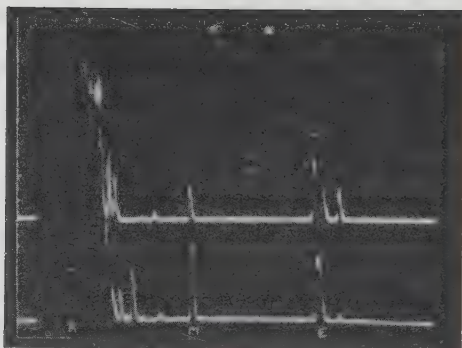


Abb. 1: Normales Echoencephalogramm
(A=Anfangsecho, M=Mittlelecho, E=Endelecho)

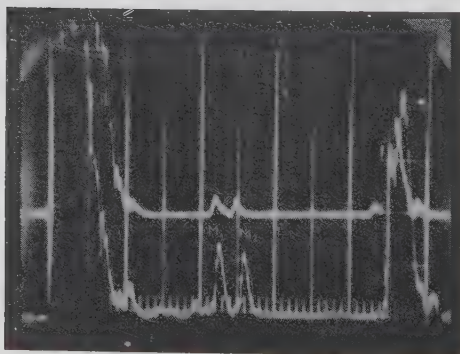


Abb. 2: Echoencephalogramm mit Darstel-
lung eines erweiterten 3. Ventrikels
(M₁ - M₂)

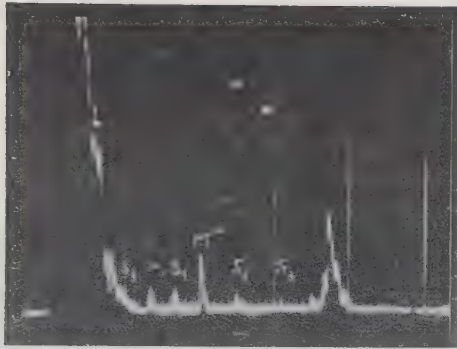


Abb. 3: Echoencephalogramm mit Darstellung der Seitenventrikelreflexe (S_1 , P = S_2 pulsierend, S_3)

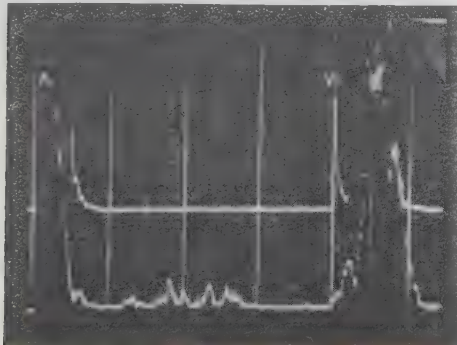


Abb. 4: Echoencephalogramm bei extremem kindlichen Hydrocephalus mit Darstellung der Hirnmanteldicke (V = Ventrikelecho, E = Endecho). Obere Kurve: parietale Ableitung, untere Kurve: frontale Ableitung.

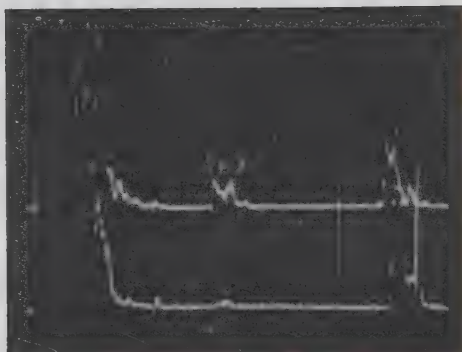


Abb. 5: Echoencephalogramm mit Darstellung einer Septum pellucidum Zyste (S.p.Z.) in der oberen Kurve. Ableitung 2,5 cm höher als über P_2 (untere Kurve)

Na- me	PEG		Echo- EG		klin. Diagnose	richti- ge Dia- gnose	Fehldia- gnose Erweite- rung	kei- ne Er- r.
	V.-Er- weiterung	V.-Brei- te mm	V.-Er- weiterung	V.-Brei- te mm				
1. E.A. 58	+++	12 mm	+++	10 mm	Hirnmetastasen	+		
2. A.B. 2/12	++++		++++	24 mm	Hydrocephalus cong.	+		
3. J.B. 5			+	7,6 mm	Epilepsie	+		
4. F.B. 61	+++		+	8,5 mm	Hirnatrophischer Pr.	+		
5. G.B. 9			++++	13,3 mm	Aquäduktverschluss, Torkildsen-Darinage	+		
6. S.D. 2			++		Zustand n. Holter-Dr.	+		
7. K.D. 6			+++	10,9 mm	Hydrocephalus	+		
8. G.B. 52		Septum- pell.Zy- ste 7-8		Septum- pell.Zy- ste 9 mm	Hirnatrophischer Pr. Septum-pell.-Zyste	+		
9. B.F. 58	+++	11 mm	+++	10,0 mm	Hirntumor?	+		
10. A.G. 33	+++	12 mm	++	9,0 mm	Posttraumatisches Anfallsleiden	+		
11. E.G. 60	++		+	6,5 mm	Hirnatrophie	+		
12. W.G. 49	++		++	9,0 mm	Schizophrenie	+		
13. M.G. 57	++++		+++	10,5 mm	Angioblastoma Lin- dau d. Medulla obl.	+		
14. H.H. 61	+++		+	7,5 mm	Defektschizophrenie	+		
15. F.H. 28			+	8,0 mm	Hirnschwellung, Narben- zustand	+		
16. C.H. 3/12			++++	nicht m. messbar	Hydrocephalus cong.	+		
17. E.H. 61	++		ø		cerebrale Durchblu- tungsstörungen			+
18. J.H. 66			+		Hirnmetastasen	+		
19. M.H. 27	N		++	10,0-8,4	Hirntumor?			
20. A.H. 5			++	8,0 mm	Hydrocephalus	+		
21. E.J. 47	++		++	8,2 mm	Epidermoid	+		
22. M.K. 6/12	++++		++++	19,7 mm	Hydrocephalus cong. Holter-Drainage	+		

Na- me	Al- ter	Peg		Echo- Eg		klin. Diagnose	richti- ge Dia- gnose	Fehldia- gnose Erweite- rung	kei- ne Er.
		V.-Er- weite- rung	V.-Brei- te mm	V.-Er- weite- rung	V.-Brei- te mm				
23. M.K.	2	+		+	(+) 8,0 mm	Cerebrale Allgemeins- veränderung, Herd- schädigung 11.	+		
24. K.K.	53		Septum- pell. 2y- ste 120,0		Septum- pell. 2y- ste 12,0	Korsakow-Syndrom Polyneuritis	+		
25. H.K.	45	+		Ø	-	Hirnatrophie Spätepillepsie			+
26. A.K.	?			++++	14,8 mm	Hydrocephalus	+		
27. K.L.	55	++		++++	15,0 mm	Spindelzell Sarkom re.	+		
28. H.M.	7	++		+++	11,5 mm	Hydrocephalus	+		
29. E.M.	55		Septum- pell. 2y- ste 7-8	3. Ventrikel 7,0 mm		Hirntumor? Septum pell. Zyste			+
30. F.M.	20	N		3. Ventrikel 6,0 Seitenv. 25,0		Migraine cervicale		+	
31. E.M.	60	+++		Ø		Pseudotumor cerebri			+
32. E.N.	53	N		++	8,5 mm	Pseudotumor cerebri		+	
33. G.N.	4/12	++++		++++	13,3 mm	Hydrocephalus cong.	+		
34. S.O.	10			++++	n. messbar	Hydrocephalus int.	+		
35. H.P.	29	++		++	(+) 10,0 mm	Kleinhirnhämangiom	+		
36. W.P.	57	+++		N	-	Expendymom re.			+
37. R.R.	63	+++		+	7,0 mm	Hirnatroph. Prozess	+		
38. L.R.	30	+++	11,0 mm	++	9,5 mm	Paranoid-halluz. Psychose, Epilepsie	+		

Na- me	Al- ter	PEG		Echo-EG		klin. Diagnose	richti- ge Dia- gnose	Fehldia- gnose Erweite- rung	keine Er. Er.
		V.-Er- weite- rung	V.-Brei- te mm	V.-Er- weite- rung	V.-Brei- te mm				
39. A.S.	1	++		++	8,7 mm	Hydrocephalus cong.	+		
40. A.S.	2			+(+)	7,8 mm	Epilepsie	+		
41. P.S.	60	++		N	4,0 mm	Hirntumor, Epilepsie			+
42. C.S.	1			+++	10,5 mm	Hydrocephalus int.	+		
43. D.S.	57				li.Sei- tenv.27,0 mm	Zystisches Meningeom		+	
44. A.S.	2	++		++++	12,3 mm	Hydrocephalus int.	+		
45. E.S.	61	++		Ø		Hirntumor?			+
46. B.S.	10	++++		++	9,0 mm	Aquäduktverschluss			
47. E.S.	57	++++	15,0 mm	++++	12,0 mm	Hirnatroph.Prozess	+		
48. P.S.	5/12			++	8,0 mm	reaktive Depression	+		
49. A.W.	8/12				Septum- pell.Zy- ste	Hydrocephalus int.	+		
50. H.W.	51	++		Ø		Subarachnoidalbl.	+		
51. V.W.	20	++++		+++	13,2 mm	Septum pellucidum-Zyste	+		
52. H.W.	58	++++		+++	10,0 mm	Symptom.Epilepsie, Hydroceph.int. u.ext.			+
53. R.W.	6	++		++	8,2 mm	Gliom mit Aquäduktversch.	+		
54. E.Z.	44	3.V. n. dargest.		Seitenv. vergrössert		Lues cerebri, sympt.	+		
55. B.Z.	1			++		Psychose			
						Hydrocephalus	+		
						Hirnmastasen Torkildsen	+		
						Drainage			
						Toxoplasmosen	+		

PEG = Pneumoencephalogramm, Echo-EG = Echoencephalogramm, V.-Erweiterung = Ventrikel-Erweiterung
V.-Breite = Ventrikel-Breite

Literaturverzeichnis

1. ADAM, A. Erste Versuche mit Ultraschallbehandlung im Kindesalter
Msch. Kinderhk. 97, 391-393 (1949)
2. BALLANTINE, H.T. jr.,
T.F. HUETER, R.H. BOLT On the use of ultrasound for tumor detection
J. Acoust. Soc. Amer. 26, 581 (1954)
3. BALLANTINE, H.T. jr.,
R.H. BOLT, T.F. HUETER, G.D. LUDWIG On the detection of intracranial pathology by ultrasound
Science 112, 525-528 (1950)
4. BATH, G., H.A. BÜLOW Zur Frage der Ultraschallschädigung jugendlicher Knochen
Strahlentherapie 79, 271-280 (1949)
5. BRAAK, J.W.G. ter,
W.A.M. GRANDIA, P. CREZEE, M. de VLIET The significance of some reflections in echo-encephalography
Acta Neurochir. (Wien), 9, 382-397 (1961)
6. BRENNER, W. Die Ergebnisse der Encephalographie im Kindesalter
Erg. Inn. Med. 62, 1238-1382 (1942)
7. ders. Die Röntgenologie des Hydrocephalus im Kindesalter unter besonderer Berücksichtigung der Grenzen des Normalen
Neurol. Psychiatr. 20, 445-468 (1952)
8. BRINKER, R.A., D.L. KING, J.M. TAVERAS Echoencephalography
Amer. J. Roentgenol. 93, 781-790 (1965)
9. BRYLSKI, J.R., L.L. IZENSTARK Anatomic localisation of midline echo in sonograms of the brain
Amer. J. Roentgenol. 93, 811-815 (1965)
10. FEUERLEIN, W., H. DITLING Die Echoencephalographie
Med. Klin. 61, 1061-1064 (1966)
11. FRENCH, L.A., J.J. WILD, D. NEAL The experimental application of ultrasonics to the localization of brain tumors
J. Neurosurg. 8, 198-203 (1951)
12. GOHR, H., T. WEDEKIND Der Ultraschall in der Medizin
Klin. Wschr. 19, 25-29 (1940)
13. GORDON, D. Echo-Encephalography. Ultrasonic rays in diagnostic radiology
Brit. Med. J. 5136, 1500-1504 (1959)

14. GÜTTNER, W., G. FIEDLER,
J. PATZOLD Über Ultraschallabbildungen am
menschlichen Schädel
Acustica 2, 148-156 (1952)
15. HUETER, T.F., R.H.BOLT An ultrasonic method for outlining
the cerebral ventricles
J. Acoust.Soc.Amer. 23, 160-167 (1951)
16. JEFFERSON, A. Clinical experiences with echoence-
phalography
Acta Neurochir. (Wien) 10, 392-409
(1961)
17. JEPPSON, S. Echo-encephalography. III. Further
studies on the sources of the midline
echo and a clinical evaluation
Acta Chir. Scand. 119, 455-462 (1960)
18. ders. Echo-encephalography. IV. The midline
echo, an evaluation of its usefulness
for diagnosing intracranial expansi-
vities and an investigation into its
sources
Acta Chir.Scand. Suppl. 272 (1961)
19. KAZNER, E., W. SCHIEFER Das Ultraschall-Echo-Verfahren (Echo-
encephalographie), eine Methode zur
frühzeitigen Erkennung raumfordernder
intrakranieller Prozesse
Med.Wschr. 1, 27 (1964)
20. KEIDEL, W.D. Über die Verwendung von Ultraschall
in der klinischen Diagnostik
Ärztl.Forschung 21/22, 349-356 (1947)
21. KRAMER, G. Zur Diagnostik raumfordernder intra-
kraniieller Prozesse mit Hilfe des
Echoimpulsverfahrens
Chirurg 34, 290-298 (1963)
22. KRUSE, F. Cerebrale Krankheiten des Kindesal-
ters in typischen Encephalogrammen
Erg.Inn.Med. 62, 333-464 (1930)
23. LAPAYAWKER, M.S.,
G.E. CHRISTEN Echoencephalography in general
hospital practice
Amer.J.Roentgenol. 93, 803-810 (1965)
24. LAST, R.J.,
D.H. TOMPSETT Casts of cerebral ventricles
Brit.J.Surg. 40, 525-543 (1953)
25. LEKSELL, L. Echo-encephalography. I. Detection
of intracranial complications follo-
wing head injury
Acta Chir. Scand. 110, 301-315 (1955/56)

26. LITHANDER, B. A control method for echo-encephalography
Acta Psychiat.Neurol.Scand. 35,
235-240 (1960)
27. dies. Origin of echoes in the echoencephalography
J.Neurol.Neurol.Surg. Psychiat. 24,
22-31 (1961)
28. dies. Clinical and experimental studies
in echo-encephalography
Acta Psychiat.Neurol.Scand. Suppl.159
Vol. 36
29. NÜRNBERGER, S., Messungen am Encephalogramm
G. SCHALTENBRAND Dtsch.Ztschr.Nervenheilk. 174, 1-14
(1955)
30. SCHERZER, E. Die Echoencephalographie als Ergänzung
des EEGs und ihre Grenzen
Wien.med.Wschr. 115, 957-959 (1965)
31. SCHIEFER, W., Die Echoencephalographie
E. KAZNER, H. BRÜCKNER Fortschr.Neurol.Psych. 2,
457-491 (1963)
32. dies. Die Echoencephalographie. Diagnostische
Möglichkeiten
Dtsch.Med.Wschr. 29, 1394-1400 (1964)
33. SCHIEFER, W., Möglichkeiten und Grenzen der Echo-
encephalographie beim Schädel-Hirn-
Trauma
E. KAZNER, S. KUNZE Dtsch.Ärztebl. 46, 2645-2648 (1966)
34. SCHULZE, A. Der Einfluss von Lebensalter und Geschlecht
auf die Grösse des Ventrikelsystems
Habilitationsschrift 1963 FU Berlin
35. TANAKA, K., K. ITO, The localization of brain tumors by
T. WAGAI ultrasonic techniques
J. Neurosurg. 23, 135-147 (1965)
36. UMBACH, W., M. KLEY Untersuchungen mit Ultraschall zur
Diagnose und Verlaufskontrolle des
kindlichen Hydrocephalus
Dtsch.Med.Wschr. 30, 1314 (1965)
37. VLIENER, M. de, Use of echoencephalography
H.J. RIDDER Neurology 9, 216-223 (1959)
38. WHITE, D.N., Studies in ultrasonic echoencephalography
J.N. CHESEBROUGH, Neurology 15, 81-86 (1965)
J.B. BLANCHARD

Lebenslauf

Am 10.12.1940 wurde ich, Rainer Jürgen Müller-Heß, als Sohn des Assistenzarztes Hans-Georg Müller-Heß und seiner Ehefrau Margarete, geb. Suderburg, in Herford geboren.

Nach vier Grundschuljahren besuchte ich von 1951 an das Friedrichs-Gymnasium in Herford, an dem ich am 2.3.1960 die Reifeprüfung ablegte. Im Sommersemester 1960 begann ich das Studium der Medizin an der Freien Universität Berlin. Im April 1961 bestand ich dort das Vorphysikum und im Oktober 1962 das Physikum. Je ein klinisches Semester studierte ich an den Universitäten Göttingen und Freiburg i. Breisgau. Im Oktober 1966 beendete ich mein Studium mit dem Staatsexamen an der Freien Universität Berlin.

Zur Zeit bin ich als Medizinalassistent im Wenckebach-Krankenhaus in Berlin-Tempelhof tätig.

